

# MODELO DE GESTÃO DE PROCESSO USANDO APLICAÇÕES ESTATÍSTICAS NA ROTINA DIÁRIA DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE (LTQ) DA CSN<sup>1</sup>

*Nilber Bhering Cordeiro<sup>2</sup>  
Carlos Augusto L. Novaes<sup>3</sup>  
Mário Márcio Barbosa Alves<sup>4</sup>  
Evandro Ferreira de Sousa<sup>5</sup>*

## Resumo

Após o REVAMP do LTQ, em Jul/2001, o nível de automação implantado, entre tantos benefícios e disponibilidades de recursos, também passou a exigir análises mais detalhadas dos fenômenos inerentes ao processo de laminação. A busca de ganhos de qualidade de produto e processo associados a altos níveis de produtividade apontava para a necessidade de se buscar recursos capazes de traduzir os dados de processo em informação, precisa e on-line. Tais informações foram usadas para aprimorar os ajustes, tanto nos controle de nível 1, como também do modelo matemático (nível 2) e, hoje, são primordiais para suporte estatístico. Entre algumas ferramentas pesquisadas e disponíveis no mercado optou-se por uma de fácil acesso, amigável e com recursos gráficos e estatísticos que atendesse adequadamente aos limites de exploração dos dados. Diante de tais circunstâncias, optou-se pelo uso do software LabView. Este software possui um ambiente de desenvolvimento gráfico que permitiu a criação de uma interface com sinais em tempo real, transformando dados em informação significativa para tomadas de decisão. Neste trabalho serão apresentados gráficos de análise de processo desenvolvidos pela equipe da operação e automação do LTQ, os quais permitem avaliar desde uma simples intervenção do operador no processo até análises sistemáticas da estatística de capacidade de processo. Este modelo permite gerenciar o processo de forma mais precisa e eficaz sendo considerado imprescindível na atual rotina diária do LTQ.

**Palavras-chave:** Laminação; Processo; Gestão.

---

<sup>1</sup> Contribuição a ser apresentada no 42º Seminário de Laminação da ABM, 25 a 28 de Outubro de 2005, Santos/SP.

<sup>2</sup> Membro da ABM, Msc., Engenheiro de Produção do LTQ na Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>3</sup> Engenheiro de Produção do LTQ na Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>4</sup> Técnico de Desenvolvimento em Automação na Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>5</sup> Membro da ABM, Gerente Geral de Laminação à Quente na Companhia Siderúrgica Nacional.

## 1 INTRODUÇÃO

Os equipamentos industriais, atualmente, possuem um altíssimo nível de automação. Na Laminação a Quente, em especial, este nível de automação é elevadíssimo e pressupõe que a interferência humana seja pequena e que, caso necessária, seja certa e rápida. No entanto, esta resposta “no alvo” e na hora certa não está pronta para o uso do operador e dos Engenheiros de processo da Laminação.<sup>(1)</sup>

De modo a ordenar todos os dados do processo e torná-los “informações” valiosas e de fácil utilização, desenvolveu-se uma Ferramenta Gerencial que filtra, estatisticamente, estes dados e os coloca de forma acessível para se proceder análises.

A elaboração desta Ferramenta Gerencial foi possível com a utilização do Software Labview que permitiu criar um canal de acesso aos dados de processo com um tratamento estatístico de elevado nível e de fácil compreensão.

O conceito estatístico de Capabilidade de processo está sendo usado com o intuito de se acelerar a compreensão do comportamento do processo por qualquer indivíduo que o analise.

Ao se permitir uma análise mais rápida é obvio que não se pode perder em qualidade da informação e este é um ponto forte desta ferramenta: facilidade de uso, precisão e rapidez para se tomar decisões.

## 2 TRATAMENTO DOS DADOS DE PROCESSO

Com a modernização do LTQ da CSN (layout Figura 1) obteve-se uma grande expansão na capacidade de coletar sinais de processo, de resposta de equipamentos e de set up, permitindo assim construir bancos de dados bastante consistentes. O tratamento destes dados para transformá-los em informação significativa deveria ser feito por um processo abrangente e que permitisse a análise sincronizada do processo de laminação de tiras a quente ,como um todo, desde o forno até o equipamento subsequente onde determinado fenômeno operacional fosse observado . Outro aspecto igualmente importante é o tratamento estatístico imediato dado as variáveis, permitindo a avaliação da capacidade do processo no atendimento dos objetivos e alertando para necessidade de melhorias. Serão abordados ,a seguir ,algumas variáveis de importância significativa a cada etapa do processo de laminação a quente, apresentando-se as formas de análise e significado no processo. Entre elas, a temperatura destaca-se com um fator essencial para estabilidade do processo a quente.

### 2.1 Temperatura de Extração dos Fornos de Placas

O adequado cumprimento desta variável é fundamental para garantia da estabilidade nos processos subsequentes, como também nas propriedades mecânicas desejadas dos produtos (Ex.: solubilização de microligantes).<sup>(2-4)</sup>

Na Figura 2 é apresentado o emprego da ferramenta através da qual se permite avaliar o perfil individualizado dos fornos durante o turno verificando ,placa a placa, sua temperatura de extração em relação aos limites visados. Foram detectados com o uso desta ferramenta fenômenos, tais como ponta alta ou baixa no desbaste associados ao mau desempenho da temperatura de extração dos fornos. Isto

permitiu aos Supervisores de turno, como também aos operadores, ações pró-ativas nos fornos visando o cumprimento dos padrões operacionais.

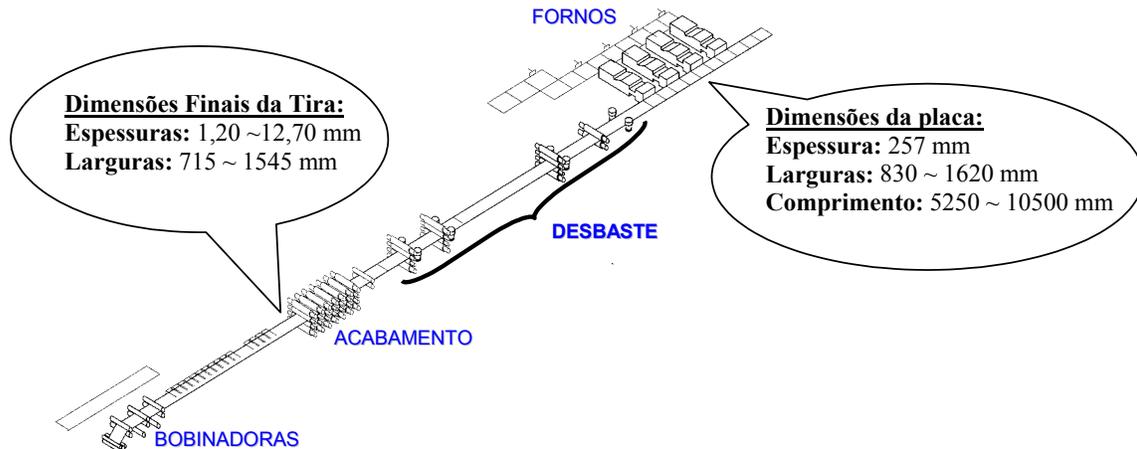


Figura 1. Lay-out básico do LTO da CSN.

No histograma da Figura 2 observa-se o tratamento estatístico dado à temperatura de extração, sendo este muito útil para uma visão geral do supervisor de turno quanto ao seu desempenho por forno, como também, para análise da engenharia de desenvolvimento que tem desenvolvido um forte trabalho referente ao mix de enformamento baseado nas capacidades de atendimento das temperaturas objetivadas.

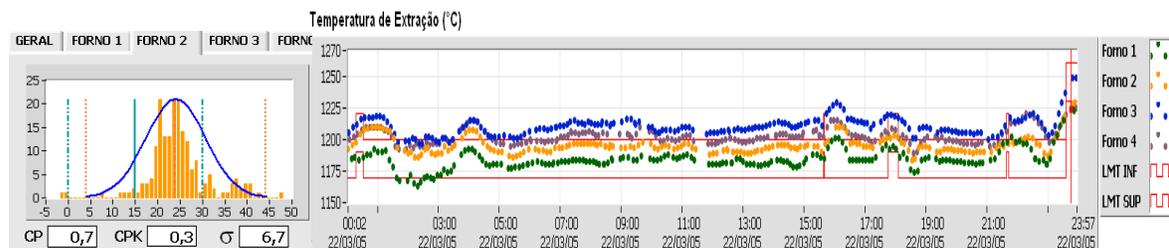


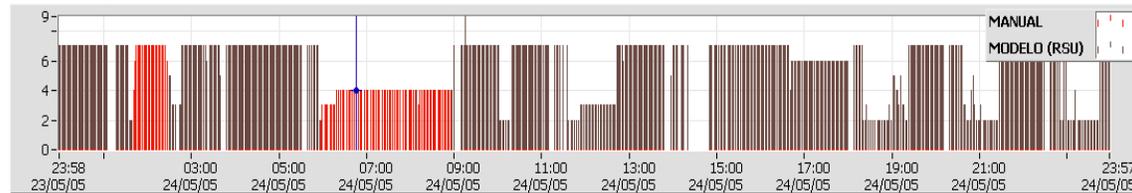
Figura 2. Temperatura de extração dos fornos e histograma forno 2 (exemplo).

## 2.2 Temperatura na Saída do Desbastador ( RDT)

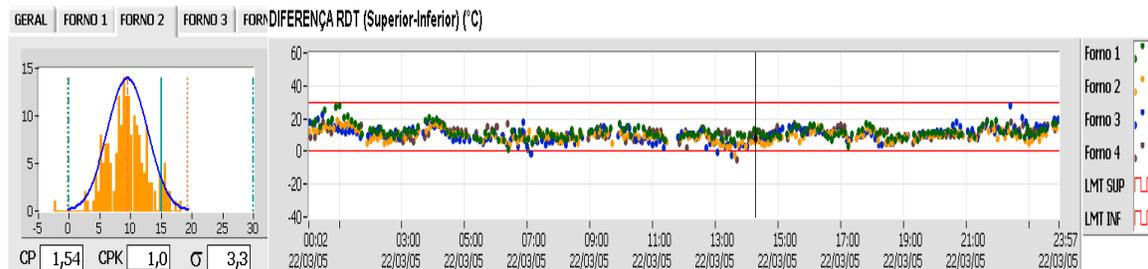
O controle da RDT é imprescindível para garantir a plena estabilidade operacional como também a temperatura na saída do trem acabador (FDT). Após o REVAMP, o modelo matemático do desbaste permite o controle automático do número de descamações necessárias para atingir a RDT desejada. A ferramenta pode ser utilizada para acompanhar o desempenho do uso das descamações tanto no modo automático do processo (modelo matemático), como também para verificar se houve ação do operador em modo manual (Figura 3), servindo assim para análise de ajustes e refino do modelo matemático. A RDT é medida nas faces superior e inferior da placa, após laminação no desbaste (esboço). A partir destas medidas é verificada a diferença entre as faces (Figura 4) devido a importância desta para estabilidade da ponta da placa durante o processo do desbaste. Observa-se na Figura 4 a análise estatística sinalizando CP e CPK com bons resultados, fruto do tratamento estatístico concorrente com ajustes operacionais nos fornos. Na Figura 5

é possível avaliar os ganhos de capacidade de atendimento de RDT obtido ao longo do primeiro semestre 2005.

Número de Águas no Desbaste (Descamação)

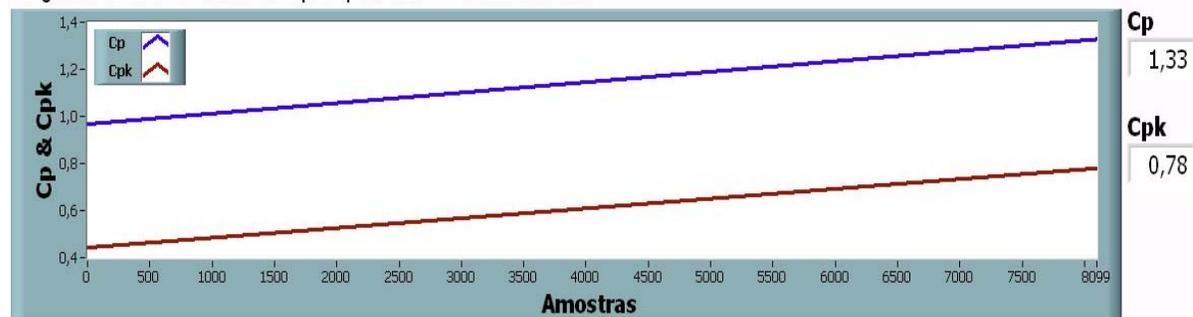


**Figura 3.** Número de águas na descamação do desbaste, com indicação de modo manual ou modelo.



**Figura 4.** Diferença da RDT entre faces do esboço e histograma do forno 2 (exemplo).

Regressão Linear dos Valores de Cp & Cpk de RDT - 1º Semestre de 2005



**Figura 5.** Evolução do Cp e Cpk da RDT no primeiro semestre de 2005.

### 2.3 Camber do Esboço na Saída do Desbaste (Camber na R4)

Assim como a RDT, o camber na saída da cadeira R4 afeta diretamente o processo no trem acabador, tanto no aspecto estabilidade como também na qualidade.<sup>(5-6)</sup> Observa-se tanto na ponta como na cauda do esboço um camber em relação a parte mais central do mesmo, conforme mostrado na figura 6. Para valores acima de 70 mm, no caso do LTQ da CSN, este camber na ponta pode provocar ondulosos laterais no enfiamento no trem acabador. Na cauda, combinado com laminação de material de dimensões mais críticas, é considerável o risco de rabadas.

Tendo em vista a importância desta variável, aplicou-se a ferramenta para seu controle a fim de poder avaliá-la, turno a turno, material a material, como também auxiliar em diagnósticos de instabilidades no trem acabador. O tratamento de parâmetros estatísticos aqui também é feito auxiliando o supervisor na avaliação de sua equipe do desbaste quanto ao tratamento operacional da variável durante o

turno. Este desenvolvimento pode ser visto graficamente na Figura 7 onde é monitorado o camber da ponta em relação ao centro da mesma, placa a placa.

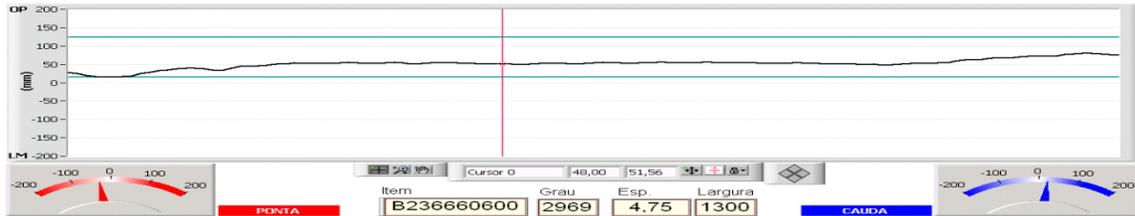


Figura 6. Camber do esboço na ponta e cauda após o desbastador.

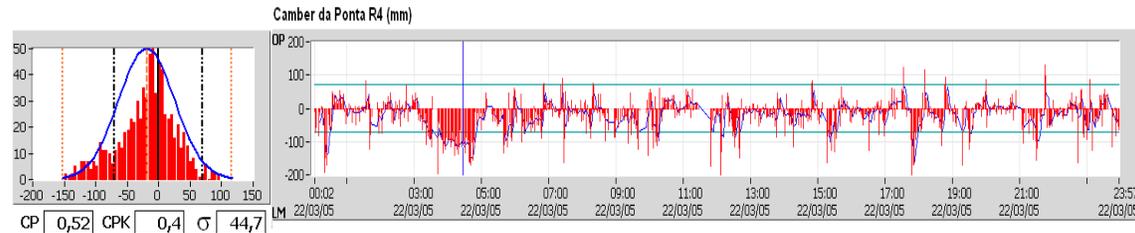


Figura 7. Avaliação estatística do camber da ponta do esboço.

## 2.4 Controle de Coroa e Perfil das Tiras

Outra aplicação muito útil da ferramenta foi o desenvolvimento de gráficos das variáveis determinantes da coroa da tira no acabamento. Através da análise do comportamento do shift ao longo do ciclete, comparado com os resultados de coroa obtida, foi possível identificar comportamentos anômalos de certos materiais quando laminados em cicletes com faixas de temperaturas diferentes.<sup>(7)</sup> Na Figura 8 observa-se gráficos correlacionando espessura, largura, posições do shift, coroa térmica e coroa da tira obtida no ciclete. Outras variáveis importantes podem ser também mostradas pelo LabView, tais como: coroa de desgaste, força de bending, etc., conforme o nível de análise necessária.

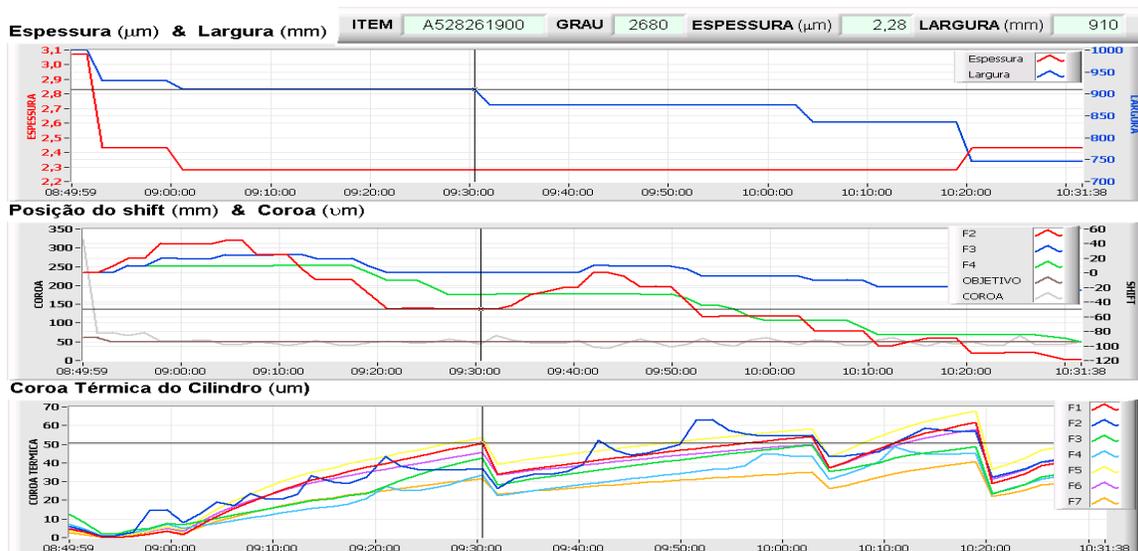


Figura 8. Análise do comportamento da coroa da tira durante um ciclete.

## 2.5 Análise de Instabilidade de Processo

Um aspecto importante e necessário no processo de laminação é exatamente identificar e avaliar os fenômenos que geram instabilidade no processo, os quais podem causar desde defeitos sérios no material podendo chegar ao sucata dentro do trem acabador resultando em minutos ou mesmo horas de parada da máquina e outros prejuízos. Aproveitando que após o REVAMP o acesso e disponibilidade de feed back de processo foi facilitado, aplicou-se o LabView ao tratamento de dados gerando informações que permitem uma análise detalhada das principais variáveis do processo que podem sinalizar as razões de instabilidades.

Na Figura 9 observamos aplicação do sistema de cursor sincronizado que permite analisar, no mesmo instante, o comportamento conjugado das variáveis. Neste exemplo, mostramos espessura, diferencial de força, atuação do AGC monitor, intervenção do operador no nivelamento e bending das cadeiras. Várias outras variáveis também estão disponíveis no aplicativo on-line. Esta aplicação é muito importante no direcionamento dos treinamentos dos operadores quanto às intervenções que demonstram maior insegurança e mesmo falhas.

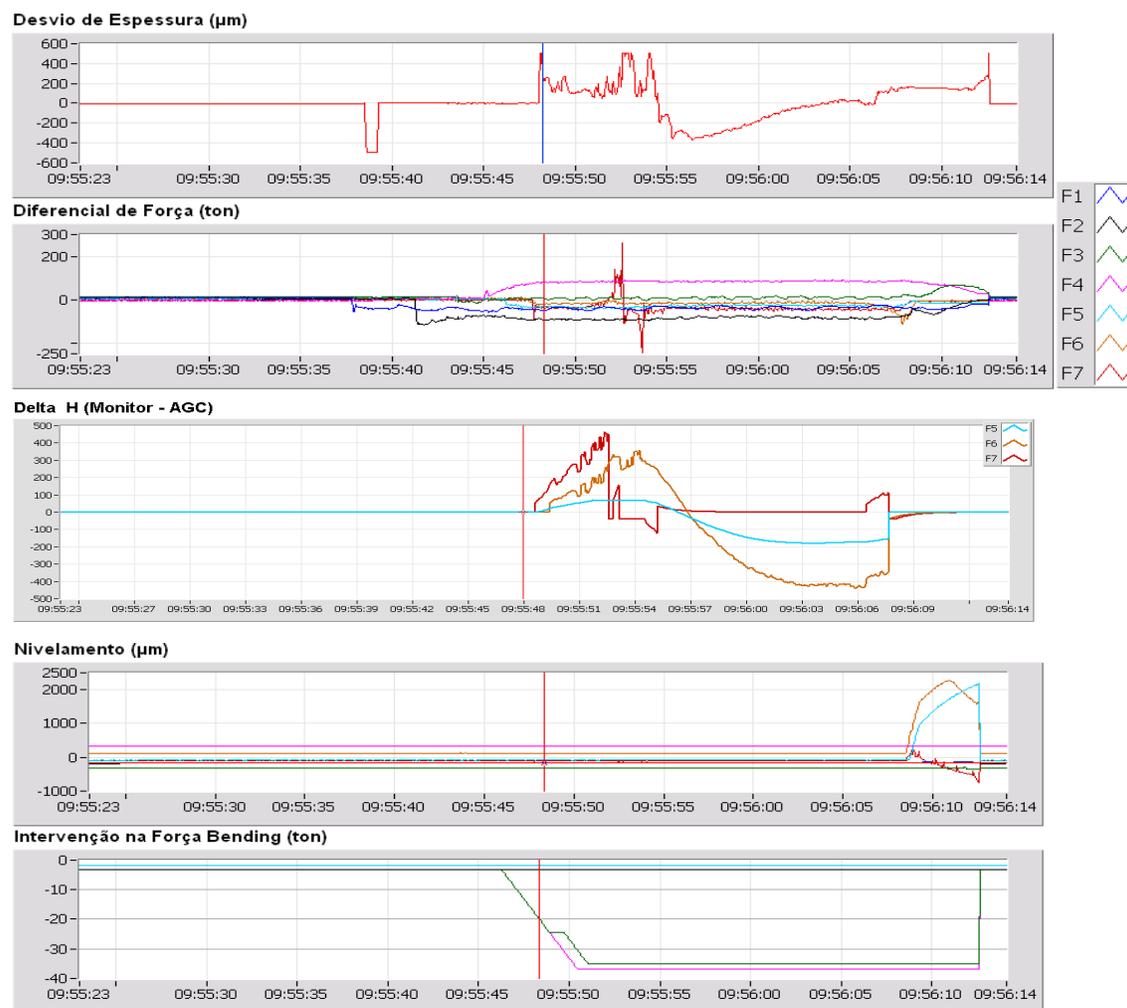


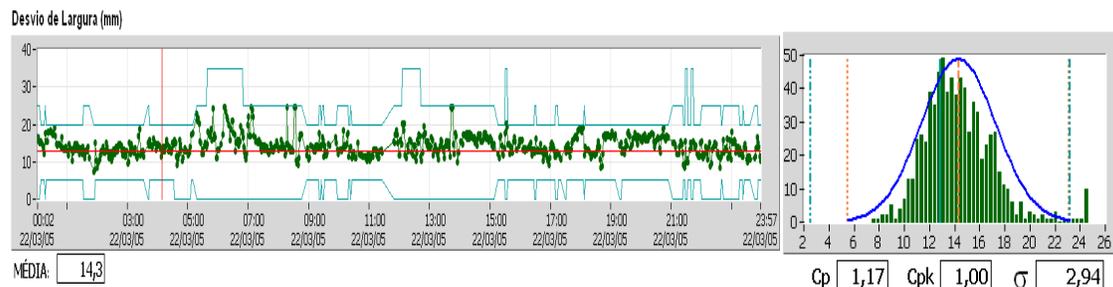
Figura 9. Análise de variáveis de processo através do aplicativo.

## 2.6 Controle Estatístico de Processo

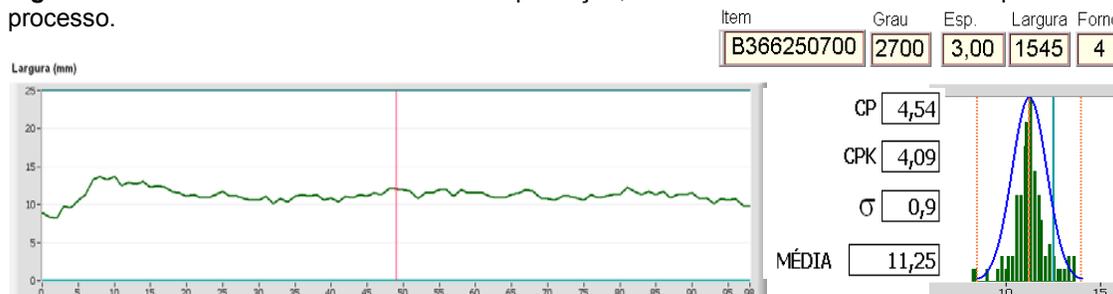
O trabalho de análise das características de cada bobina e alguns aspectos gerais, tais como a variação de perfil no ciclete, devem ser complementadas por ferramentas de CEP, visando uma observação mais panorâmica do processo. Isto é feito comparando a capacidade do processo para atingir targets de qualidade para diferentes especificações, com criticidades diferentes de processo, identificando problemas e oportunidades de desenvolvimento. Para tanto foram implementadas ferramentas que tanto dão a performance da bobina individualmente como de um conjunto de bobinas de mesmas características, processadas durante um período escolhido. Cabe notar que a capacidade de configurar a seleção para análise da performance é fundamental pois o processo/equipamento sofre influência direta das espessuras e temperaturas visadas. No caso geral, quanto mais próximo dos limites de processo, menos estável o mesmo se apresenta.

Foi implementada tela de pesquisa em que relacionamos as características do material a ser avaliado: faixas de espessura, largura, temperaturas de acabamento (FDT), de bobinamento (CT), RDT, e tipo de aço – grau CSN.

Com o input dos dados, é feita uma pesquisa integrando-se todos os valores de todos os pontos medidos em cada bobina. Isto constitui vantagem sobre a alternativa de se analisar apenas os valores médios e desvio padrão de cada bobina. Podemos analisar estas variáveis do período escolhido através de histograma e carta com os valores médios (Figura 10). Se algum ponto da carta gráfica revela um valor médio diferente dos demais, é possível, através da seleção deste ponto específico a visualização imediata da carta gráfica de valores de espessura, largura, temperaturas, etc., da bobina em questão. Adicionalmente, podemos ver identificação da bobina, data e hora do processo, capacidade expressa para esta bobina individualmente e histograma dos valores obtidos (Figura 11).



**Figura 10.** Carta de controle de um dia de produção, com os valores individuais e capacidade de processo.



**Figura 11.** Carta Individual de bobina, selecionada a partir do Gráfico da Figura 10.

Também é fornecida carta de valores de Cp e Cpk individuais de cada bobina. Este recurso permite localizar problemas específicos de estabilidade em uma bobina ou períodos limitados. Com estes recursos podemos fazer análises precisas sobre a estabilidade do processo, visto que se fosse feita uma análise de todo o processo traria informações incorretas.

Não foi desprezada a alternativa de se exportar dados numéricos de cada bobina, tais como médias, desvios padrão, valores máximos e mínimos e valores de capacidade, agregando-se a descrição de tipo de produto, cliente, data/turno de produção, entre outros. Esta exportação, que gera planilha Excel, torna-se útil na medida em que se deseja localizar um grupo de bobinas ou fazer análise individualizada por cliente, equipe de turno, etc.

Estas ferramentas, aliadas à visualização dos histogramas, permitem uma análise mais completa do processo (Figura 12).

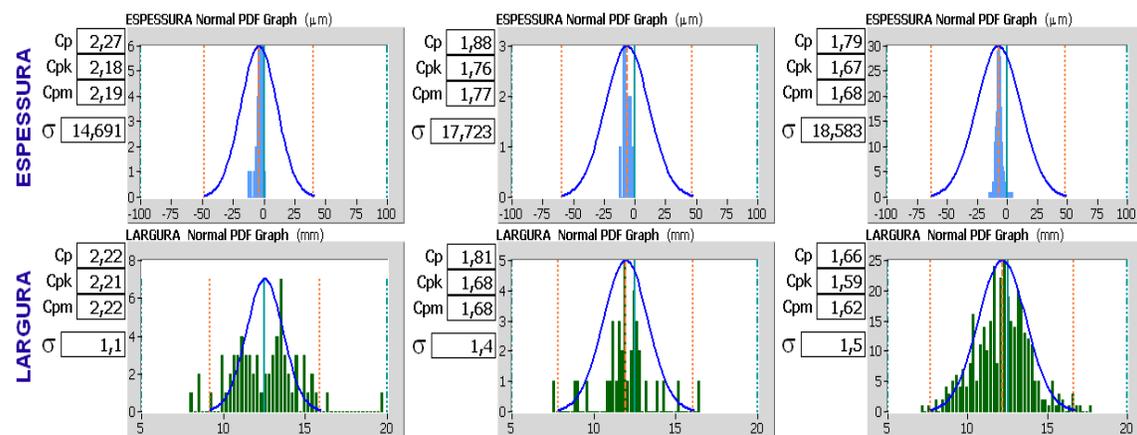


Figura 12. Análise do turno anterior, turno atual, e dia anterior.

O fato de todo o sistema ter sido desenhado para obter os dados específicos do processo do laminador de tiras a quente e configurado para atender às características do processo de uma Linha de Laminação a Quente com mix de produtos muito variado foi essencial para que este sistema tenha a funcionalidade que hoje apresenta.

### 3 CONCLUSÕES

Com o advento deste potente instrumento gerencial já é possível, hoje em dia, na Laminação a Quente da CSN se transferir conhecimentos de forma padronizada até o nível do operador, conhecimento este que antes ficava restrito ao Engenheiro de Processo. A transferência deste conjunto de informações, como o conhecimento que está agregado a ele, até o nível de chão-de-fábrica, está em evolução e exige treinamento constante da equipe operacional (operação e manutenção) pelos Engenheiros da equipe. A capacitação dos operadores e técnicos de Laminação possibilitou criar um ambiente onde o homem conhece cada vez mais o que ele faz, permitindo a melhoria da qualidade do trabalho deste homem (empowerment). Desta forma, com o uso correto da informação, está sendo possível criar um novo trabalhador que age cada vez mais com a cabeça e que é participante ativo do processo, interferindo e ajudando no processo de mudança.

A oportunidade da mudança está presente o tempo todo em nosso ambiente. Saber usá-la de forma objetiva é o grande desafio gerencial. Temos hoje um poder de tomada de decisão muito mais democrático, onde o operador consciente e treinado nos padrões (também apresentados nos gráficos de controle estatístico), possui informação on-line e com isto participa e sugere as melhorias. <sup>(8)</sup>

A decisão é, desta forma, muito mais focada, o que tem acelerado o sucesso dos resultados do gerenciamento diário do Laminador de Tiras a Quente da CSN.

## REFERÊNCIAS

- 1 F. Sanfilippo, N. Di Biase, E. Musella, e A. Petrelli, “*An Advanced Internet Data Reporting System for On Line Monitoring of a Hot Rolling Mill*”, 7ª Conferenza AIM (Associazione Italiana Metallurgia), 2001.
- 2 Brimacombe, J. K., Samarasekera, I. V., Hawbolt, E. B., and Bar, P. V., “*Thermal and Microstructural Evolution in the Solidification and Thermomechanical Processing of Steel*”, The Center of Metallurgical Process Engineering, The University of Columbia Vancouver, Canada.
- 3 Chen, W. C., Samarasekera, I. V., Kumar, A., and Hawbolt, E. B., “*Mathematical modeling of heat flow and deformation during rough rolling*”, Ironmaking and Steelmaking, Vol. 20, 1993, pp.X. Ye e I.V. Samarasekera, Iron & Steelmaking, July 1994, 2, 113-125.
- 4 J. H. Beynon and C. M. Sellars, “*Modelling Microstructure and Its Effects during Multipass Hot Rolling*”, ISIJ, (1992), 359.
- 5 Y. Tanaka, K. Omori, T. Miyake, K. Nishizaki, M. Inoue, S. Tesuka, “*Camber Control Techniques in Plate Rolling*”, Kawasaki Steel Report, 16(1987), pp. 2-10.
- 6 T. Shiraishi, H. Ibata, A. Mizuta, S. Nomura, E. Yoneda and K. Hirata, “*Relation between Camber and Wedge in Flat Rolling under restrictions of Lateral Movement*”, ISIJ, (1991), 583.
- 7 N. B. Cordeiro e M. M. B. Alves , “*Controle de Coroa em Tiras Laminadas a Quente através do uso de Sistema de Shift e Bending*”, 41ª Seminário de Laminação da ABM, 2004.
- 8 J. K. Liker, “*O Modelo TOYOTA: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*”, Bookman, 2005, 153.

# PROCESS MANAGEMENT MODEL USING STATISTICAL APPLICATIONS ON DAILY ROUTINE FOR CSN 's HOT STRIP MILL (HSM)<sup>1</sup>

*Nilber Bhering Cordeiro<sup>2</sup>  
Carlos Augusto L. Novaes<sup>3</sup>  
Mário Marcio Barbosa Alves<sup>4</sup>  
Evandro Ferreira de Sousa<sup>5</sup>*

## **Abstract**

After the revamp of the CSN's HSM the automation level introduced, among other benefits and resources, demanded also more detailed analysis of the phenomena inherent to the hot rolling process. The search for quality of product and process together with high productivity, brought the necessity of information resources able to translate the process data into precise on-line information for adjustments in level-1 controls, as far as in mathematical model (level-2). This turned to be essential for statistical support on daily routine. Amongst some tools available in the market, it was chosen one with easy access, user friendly and with statistical and graphical resources that could fit adequately to the type of data gathering. This tool was the NI LabView. This program has a graphic environment that allows the design of an interface with real time signals, transforming data in significant information for decision. In this paper it will be shown process analysis graphics developed by operation and automation teams of HSM. These graphics allow evaluation of operator intervention and also process capability statistics. This model is an everyday tool for precise management routine of CSN's Hot Strip Mill.

**Key words:** Rolling; Process; Management.

---

<sup>1</sup> Technical report to be presented in 42<sup>nd</sup> ABM Rolling Seminar, October 2005, Santos/SP.

<sup>2</sup> Msc., HSM Process Engineer of Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>3</sup> HSM Process Engineer of Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>4</sup> Automation Development Technician of Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>5</sup> General Manager - Hot Rolling Products of Companhia Siderúrgica Nacional.